

⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 196 29 744 A 1

⑤① Int. Cl.⁸:
H 04 B 7/185
H 04 B 7/005
B 64 G 1/10

⑳ Aktenzeichen: 196 29 744.3
㉔ Anmeldetag: 23. 7. 96
㉕ Offenlegungstag: 6. 2. 97

DE 196 29 744 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①

31.07.95 US 509677

⑦① Anmelder:

Motorola, Inc., Schaumburg, Ill., US

⑦④ Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
Anwaltssozietät, 80538 München

⑦② Erfinder:

Vatt, Gregory Barton, Mesa, Ariz., US; Diekelman,
Dennis Paul, Tempe, Ariz., US; Major, John E.,
Barrington Hills, Ill., US

⑤④ Unabhängige satellitenbasierte Kommunikationssysteme, die ein gemeinsames Frequenzspektrum teilen und Verfahren zum Betrieb derselben

⑤⑦ Mehrere verschiedene, unabhängige Konstellationen von Satelliten teilen einen Teil eines gemeinsamen Frequenzspektrums, wie beispielsweise eine einzige Trägerfrequenz. Die Satellitenantennen können entweder mehrstrahlig oder in alle Richtungen abstrahlend sein, während die Antennen der Erdstationen gerichtet sind. Wenn eine Überlagerung zwischen Kommunikationen eines Satelliten einer ersten Konstellation und eines Satelliten einer zweiten Konstellation auftreten, kann irgendeine der mehreren Überlagerungsabmilderungsmaßnahmen verwendet werden, wie beispielsweise die Übergabe der Kommunikation von einem ersten Satelliten auf einen zweiten Satelliten derselben Konstellation oder das zeitweilige Sperren von Kommunikationen. Diese Abhilfe kann entweder auf eine vorhergesagte oder erkannte Überlagerung hin erfolgen.

DE 196 29 744 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

TECHNISCHES GEBIET

Die Erfindung bezieht sich auf Satellitenkommunikationen und insbesondere auf ein Verfahren zum Teilen eines Teils eines gemeinsamen Frequenzspektrums (typischerweise ein gemeinsames Frequenzband oder eine Trägerfrequenz) durch viele, unabhängige Konstellationen oder Konfigurationen von Satelliten.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Satellitenkommunikationssysteme senden Information zu Benutzern und erhalten von diesen Information, entweder direkt durch von den Benutzern gehaltene Einheiten oder über erdgebundene oder fahrzeuggebundene Stationen (beispielsweise in Automobilen, Lastwagen, Flugzeugen, Schiffen usw.).

Solche Informationen können Sprache, Paginginformation, audiovisuelle Information, FAX-Daten und dergleichen enthalten.

Eine zunehmende Zahl von unabhängigen Satellitenkommunikationssystemen sind in der Planung, der Finanzierung, der Implementierung oder schon im Betriebszustand und jedes System steht im Wettbewerb mit anderen Systemen, um Betriebslizenzen von den entsprechenden geopolitischen Zuständigkeitsbereichen für einen sehr begrenzten Betrag des Radiofrequenzspektrums zu erhalten.

Somit besteht ein substantielles Bedürfnis, einen Weg für zwei oder mehr unabhängige satellitenbasierte Kommunikationssysteme anzugeben, so daß sie ein gemeinsames Frequenzspektrum teilen können.

Es besteht auch ein grundlegendes Bedürfnis, ein Verfahren zu schaffen, mit dem zwei oder mehr unabhängige, satellitenbasierte Kommunikationssysteme, die ein gemeinsames Frequenzspektrum teilen, wie beispielsweise eine gemeinsame Frequenzband oder eine Trägerfrequenz, arbeiten können.

Es besteht auch ein grundlegendes Bedürfnis nach einer Erdstation in einem Satellitenkommunikationssystem, die Überlagerungen bei den Übertragungen zwischen ihr und zwei oder mehr unterschiedlichen Satelliten oder mindestens zwischen einer anderen Erdstation und zwei oder mehr unterschiedlichen Satelliten vorherzusagen oder erkennen kann und die entsprechende Maßnahmen ergreift, um diese Überlagerung mitzuteilen oder zu mildern.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 zeigt ein Überblicksdiagramm zweier verschiedener, unabhängiger Konstellationen der Kommunikationssatelliten gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 zeigt ein Diagramm zellulärer Muster, die einen typischen Fall darstellen, der durch benachbarte Satelliten einer gegebenen Konstellation von Satelliten ausgebildet wird, die Kommunikationsstrahlen auf die Erdoberfläche projizieren, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3 zeigt ein Blockdiagramm von Komponenten einer Satelliten- oder Erdstation eines Kommunikationssystems der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4 zeigt ein Diagramm, das Satelliten in zwei unterschiedlichen Höhen darstellt, wobei eine Vielzahl von Satelliten in einer ersten Höhe mit einer Bodenstation

kommunizieren, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5 zeigt ein Diagramm, das Satelliten in zwei unterschiedlichen Höhen darstellt, wobei Sendungen von einem Satelliten aus einer Vielzahl von Satelliten, die in einer ersten Höhe arbeiten, sich zeitweilig überlagern mit Sendungen von einem Satelliten aus einer Vielzahl von Satelliten, die in einer zweiten Höhe arbeiten, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 zeigt ein Flußdiagramm eines Verfahrens zur Durchführung einer Off-line Berechnung eines Satzes von Regeln oder eines Programms zur Vorhersage einer Überlagerung bei Kommunikationen in einer Mehrfachkonstellations-Kommunikationsumgebung, bei der ein gemeinsames Frequenzspektrum geteilt wird, gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 7 zeigt ein Flußdiagramm eines Verfahrens zur Durchführung von Berechnungen in Echtzeit zum Bestimmen des Auftretens von Überlagerungen bei Kommunikationen in einer Mehrfachkonstellations-Kommunikationsumgebung, bei der ein gemeinsames Frequenzspektrum geteilt wird, gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 8 zeigt ein Flußdiagramm eines Verfahrens zur Erkennung und Abschwächung von Überlagerungen in einer Mehrfachkonstellations-Kommunikationsumgebung, bei der ein gemeinsames Frequenzspektrum geteilt wird, gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 9 zeigt ein Flußdiagramm eines Verfahrens zur Erkennung und zum Mitteilen von Überlagerungen in einer Mehrfachkonstellations-Kommunikationsumgebung, bei der ein gemeinsames Frequenzspektrum geteilt wird, gemäß der vorliegenden Erfindung.

GENAUE BESCHREIBUNG

Fig. 1 zeigt ein Überblicksdiagramm von zwei verschiedenen unabhängigen Konstellationen von Kommunikationssatelliten gemäß der vorliegenden Erfindung. Fig. 1 zeigt zwei getrennte Konstellationen 10 und 20, wobei jede durch eine Vielzahl von Satelliten gekennzeichnet ist, die die Erde umkreisen. Jede vorgegebene Konstellation 20 unterscheidet sich sehr wahrscheinlich von der anderen Konstellation 10, beispielsweise durch die Höhe der Satelliten oder ihre Kreisbahnneigung (das ist der Winkel, den ihre Kreisbahnen mit dem Erdäquator einschließen).

Ein Fachmann wird erkennen, daß die vorliegende Erfindung leichter implementiert werden kann, wenn alle Satelliten in der gleichen Höhe und der gleichen Kreisbahnneigung positioniert sind und wenn die Erdumlaufbahnen 3-8 der Satelliten in Phase gebracht sind bezüglich dem Äquator, um eine genügende räumliche Vielfalt zu liefern, um die Überlagerung von benachbarten Satelliten anderer Konstellationen zu minimieren.

Die Konstellationen 10 und 20 sind nur beispielhaft, um Satelliten in einer Polarumlaufbahn (90 Grad Neigung) zu zeigen, wobei die Satelliten der Konstellation 20 sich in einer größeren Höhe befinden als die der Konstellation 10. Die Satelliten der Konstellation 10 können die gleiche oder eine andere Information übertragen als die, die durch die Konstellation 20 übertragen wird.

In Fig. 1 projizieren die Satelliten Mehrfachstrahlentennenmuster auf die Oberfläche der Erde. Die Antennen der erdgebundenen Stationen 13 und 14 sind in einer Richtung wirkend, so daß wenn ein Satellit vor-

überfliegt, die Antenne der Bodenstation den gewünschten Satellit verfolgt. Dies ist in Fig. 4 gezeigt, wo die Antenne 16 der Bodenstation 15 den Satelliten 31 verfolgt, wenn er sich in seiner Erdumlaufbahn relativ zur Erde 9 in der durch den Pfeil 33 gezeigten Richtung bewegt. Wenn der Satellit 31 sich innerhalb eines vorgegebenen Horizontwinkels der Bodenstation 15 bewegt, dann wird die Bodenstation 15 umschalten, um den Satelliten 32 zu verfolgen, der eine andere oder die gleiche Information wie der Satellit 31 übertragen kann. Dies kann beispielsweise durchgeführt werden, indem man auf die Antenne 17 umschaltet oder eine andere passende Technik verwendet, wie beispielsweise das Umschalten auf ein anderes Segment eines Mehrsegmentantennenfeldes.

Fig. 2 zeigt ein Diagramm zellulärer Muster, die einen typischen Fall darstellen, der von benachbarten Satelliten einer vorgegebenen Konstellation von Satelliten ausgebildet wird, die Kommunikationsstrahlen auf die Oberfläche der Erde projizieren, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung. Es ist klar, daß benachbarte Satelliten nicht notwendigerweise Muster benachbarter Zellen auf die Erde projizieren müssen; das heißt, die durch einen Satelliten projizierten Zellen können mit denen eines benachbarten Satelliten gemischt sein.

Die Satelliten 1 und 2 (die mit dem Satellit 1 identisch sein können) verwenden Frequenzspektrumswiedernutzungstechniken. Diese Techniken umfassen eine zelluläre Unterteilung der Projektionsstrahlbreiten. Die Satelliten 1 und 2 erzeugen Strahlsatzprojektionen 18 beziehungsweise 18'. Die Strahlsatzprojektionen 18 und 18' sind bidirektionale Zielgebiete (Zellen), die mit Antennen oder Satelliten 1 und 2 verbunden sind. Diese Antennen können individuelle gerichtete Antennen oder eine phasengesteuerte Antenne, die eine kohärente Strahlprojektion liefern kann, sein.

Die Zellen 110—128 können viele Formen annehmen, abhängig vom Verstärkungsverlauf der Antennen. In Fig. 2 sind die Zellen 110—128 aus Gründen der Darstellung als Sechsecke gezeigt.

Das spezielle Schema zur Schaffung einer Kanalvielfalt innerhalb den Zellen 110—128, wie sie durch irgend eine gegebenen Konstellation von Satelliten verwendet werden, ist für die vorliegende Erfindung nicht kritisch, und es können Mehrfachzugriff im Zeitmultiplex (TDMA), Mehrfachzugriff im Frequenzmultiplex (FDMA), Mehrfachzugriff im Kodemultiplex (CDMA), schmale Strahlen, gerichtete Antennenmuster und andere Diversitätsschemata oder Kombinationen davon verwendet werden.

Es sollte klar sein, daß sich die Zellen 110—128 in der Umlaufbahnrichtung 19 voran bewegen, wenn die Satelliten 1 und 2 in der Richtung 19 kreisen, oder daß die Satellitenantennenstrahlen zeitweilig auf spezifische geographische Gebiete der Erde fixiert werden können, wenn die Satelliten vorbeilaufen.

Bei der vorliegenden Erfindung können, bezugnehmend auf Fig. 1, die Satelliten 1 mit Bodenstationen 13 und 14 über Verbindungen kommunizieren, die mehrere Frequenzkanäle verwenden. Mit anderen Worten, während das gesamte Spektrum in jeder Zelle vorhanden ist, so werden benachbarten Zellen verschiedene Zeitschlitzze zugewiesen, während denen das Spektrum verwendet werden kann. In einer Ausführungsform werden Rahmen definiert, damit sie mindestens sieben Zeitschlitzze umfassen, um dem Siebenzellenwiedernutzungsmuster zu entsprechen. Die Zellen, die mit "110" in Fig. 2 bezeichnet sind, sind einem Zeitschlitz zugeord-

net, die Zellen, die mit "111" bezeichnet sind, sind einem anderen Zeitschlitz zugeordnet, usw. Auf diese Weise sind Zellen, die das gleiche Spektrum zur gleichen Zeit nutzen, geographisch voneinander entfernt.

Während Fig. 2 eine Siebenzellen/Siebenzeitschlitz-Anordnung zeigt, werden Fachleuten verstehen, daß auch ein größeres oder kleiner Wiedernutzungsmuster verwendet werden kann. Fachleute werden erkennen, das ein solches TDMA-Kommunikationsschema im Satelliten 1 errichtet ist. Darüberhinaus wechseln, wenn die Satelliten 1 sich mit Geschwindigkeiten bis zu 30 000 km/h bewegen, die Dopplerverschiebungs- und Zeitschlitzsynchronisationsparameter zwischen den Bodenstationen 13 und 14 und einem Satelliten 1 ständig.

Fig. 3 zeigt ein Blockdiagramm von Komponenten eines Satelliten 1 oder einer Bodenstation 13—15 eines Kommunikationssystems der vorliegenden Erfindung.

Jeder Satellit umfaßt beispielsweise eine Steuerung 25, einen Speicher 26, einen Timer 29 und Erdstationsverbindungstransceiver 28, die über Antennen 27 oder 27' mit einer Erdstation kommunizieren.

Ebenso kann eine Bodenstation eine Ausrüstung umfassen, die der Ausrüstung, die in einem Satelliten verwendet wird, ähnlich ist, in Form von einer oder mehreren geeigneten Antennen 27, 27', einem Überlagerungsdetektor 24, einer Steuerung 25, einem Speicher 26, einem Timer 29 und einem Antennenwähler 34. Eine Bodenstation 13 umfaßt auch Bodenstationsverbindungs-transceiver 28, die mit einem Satelliten über Antenne 27 oder Antenne 27' kommunizieren, abhängig davon welche für die Kommunikation ausgewählt wurde.

Es wird verständlich, daß bodengebundene Stationen mehrere unterschiedliche Konfigurationen annehmen können, mit einer wechselnden Kombination der Ausrüstung und der Leistungspegel. Beispielsweise wird eine Bodensteuerbodenstation üblicherweise leistungsfähigere Prozessoren in der Steuerung 25 und eine größere Speicherkapazität im Speicher 26 aufweisen, als eine Systembenutzerbodenstation.

Fachleute werden erkennen, daß die Antennen 27, 27' entweder als eine einzige mehrstrahlige, phasengesteuerte Antenne oder als eine Bank von diskreten einseitig gerichteten Antennen implementiert werden können.

Eine Steuerung 25 ist mit den Transceivern 28 als auch mit einem verbundenen Speicher 26 und einem Timer 29 verbunden. Die Steuerung 25 kann unter Verwendung eines oder mehrerer Prozessoren implementiert werden. Die Steuerung 25 verwendet einen Timer 29, um das aktuelle Datum und von Zeit zu Zeit stattfindende Ereignisse festzuhalten. Der Speicher 26 speichert Daten und Befehle für die Steuerung 25. Die Befehle veranlassen, wenn sie durch die Steuerung 25 ausgeführt werden, den Satelliten 1, Prozeduren auszuführen, die weiter unten beschrieben werden. Zusätzlich enthält der Speicher 26 Variablen, Tabellen und Datenbasen, die durch den Betrieb des Satelliten 1 manipuliert werden.

Die Ausrüstung des Satelliten oder der Bodenstation, die in Fig. 3 gezeigt ist, umfaßt auch einen Überlagerungsdetektor 24, der mit Erdverbindungstransceivern 28 und der Steuerung 25 verbunden ist. Der Überlagerungsdetektor 24 kann durch jede geeignete wohlbekannte elektronische Schaltung oder jeden Softwarealgorithmus zur Erkennung des Vorhandenseins von sich überlagernden Radiofrequenzsignalen gekennzeichnet sein. Wenn der Überlagerungsdetektor 24 eine solche Überlagerung erkennt, gibt er ein Signal an die Steuerung 25 aus, die eine geeignete Maßnahme zur

Milderung oder zur Eliminierung der Überlagerung ergreift, wie das beispielsweise in den Flußdiagrammen der Fig. 7 und 8 gezeigt ist, die weiter unten beschrieben werden.

Eine Form der Abmilderung besteht darin, eine andere Antenne 27, 27' auszuwählen, um mit einem anderen Satelliten im Kommunikationssystem zu kommunizieren. In Erwiderung auf geeignete Steuersignale von der Steuerung 25 wählt der Antennenwähler 34 entweder die Antenne 27 oder die Antenne 27' für das Ausführen weiterer Kommunikationen mit einem entsprechenden Satelliten.

Eine Form der Abmilderung besteht im Hinblick auf ein Systembenutzerbodenstation darin, das Vorhandensein einer Überlagerung und welches der Antennenelemente 27, 27' aktiv ist über Bodenverbindungsstrecke 28 dem Satelliten, mit dem die Bodenstation aktuell kommuniziert, mitzuteilen. Der Überlagerungsstatus kann dann durch einen solchen Satelliten einer Bodenstation mitgeteilt werden, die den Status unter Berücksichtigung des Satelliten und der Systembenutzerbodenstation aufzeichnet. In Erwiderung auf eine solche Überlagerungsbedingung kann die Bodenstation ein geeignetes Milderungsverfahren initiieren, das weiter unten im Hinblick auf Fig. 7 beschrieben wird.

Fig. 4 zeigt ein Diagramm, das Satelliten auf zwei unterschiedlichen Höhen zeigt, wobei ein Satellit aus der Vielzahl von Satelliten auf der ersten Höhe, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung mit einer Bodenstation kommuniziert. In Fig. 4 erzeugt die Anwesenheit eines anderen Satelliten 41 der Konstellation, der eine andere Information auf derselben Frequenz überträgt, in der Kreisbahn 40 keine Überlagerung mit der Information, die durch die Satelliten 31 und 32 der Konstellation übertragen wird, wobei diese Satelliten sich in der Kreisbahn 30 bewegen, da der Satellit 41 sich außerhalb des empfangenen Strahlungswinkels 35 (typischerweise 2 bis 5 Grad) der in einer Richtung wirkenden Antennen 16 und 17 befindet.

Fig. 5 zeigt ein Diagramm, das Satelliten in zwei unterschiedlichen Höhen zeigt, wobei Übertragungen von einem Satelliten einer Vielzahl von Satelliten, die in einer ersten Höhe arbeiten, sich zeitweilig überlagern mit den Übertragungen eines Satelliten einer Vielzahl von Satelliten, die auf einer zweiten Höhe arbeiten, gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung.

In Fig. 5 können Übertragungen vom Satelliten 41 der Konstellation, deren Satelliten sich in der Erdumlaufbahn 40 bewegen, sich in größerem oder geringerem Maße für einige Zeit mit solchen überlappen, die durch den Satelliten 31 zur Antenne 16 übertragen werden, so daß eine Überlagerung auftritt zwischen der Information, die durch die Satelliten 31 und 41 auf derselben Frequenz übertragen wird. Wenn eine Überlagerung auftritt, schaltet die Bodenstation zu Antenne 17 und hört auf den Satelliten 32. Es ist klar, daß die Antennen 16 und 17 keine diskreten Antennen sein müssen, und daß sie die Form von verschiedenen Feldern in einem phasengesteuerten Antennensubsystem annehmen können.

Wie unten beschrieben wird, kann das Kommunikationssystem, wenn es aktuelle Kenntnisse über die Erdumlaufbahnen der Satelliten für Satelliten beider Konstellationen hat, vorhersagen, wann eine Überlagerung auftreten wird und kann geeignete Maßnahmen ergreifen, um diese zu vermeiden, bevor sie auftritt, beispielsweise indem es auf einen anderen Satelliten umschaltet.

Dies stellt die bevorzugte Lösung dar, da eine Überlagerung vermieden werden kann, ohne den Systembenutzer zu beeinträchtigen.

Die Chance für das Auftreten einer Überlagerung zwischen Satelliten verschiedener Konstellationen kann berechnet werden, da die Positionen der Satelliten jeder Konstellation zu jeder Zeit unter Verwendung bekannter Techniken berechnet werden können; die Zahl der Bodenstationen 15 ist bekannt; und der Antennenstrahlungswinkel der Bodenstationsantennen ist bekannt.

Fachleute werden erkennen, daß die vorliegende Erfindung und das Betriebsverfahren einen wesentlich besseren Erfolg haben, wenn man Konstellationen betrachtet, bei denen jedes vorgegebene Gebiet der Erde durch mehrere Satelliten der Konstellation bedeckt ist, so daß eine Übergabe an einen anderen Satelliten erfolgen kann, um eine Überlagerung zu vermeiden.

Fig. 6 zeigt ein Flußdiagramm eines Verfahrens zur Durchführung einer Off-line Berechnung eines Satzes von Regeln oder eines Programms zur Vorhersage einer Kommunikationsüberlagerung in einer Mehrfachkonstellationskommunikationsumgebung, in welcher ein gemeinsames Frequenzspektrum geteilt wird, gemäß der vorliegenden Erfindung.

Als erstes beginnt das Verfahren im Kasten 36. Dann führt das System im Kasten 37 Berechnungen durch, die Fachleuten wohl bekannt sind, unter teilweiser Verwendung aktuell bekannter Information die die Erdumlaufbahnen der Satelliten, die Lokalisierung aller Bodenstationen und anderer Bedingungen in der Konstellation betreffen, um vorherzusagen, wann eine Überlagerung zwischen den Sendungen verschiedener Satelliten erfolgen wird. Als Ergebnis dieser Berechnungen werden für jeden Satelliten im System die Überlagerungszeiten berechnet.

Im Kasten 38 wird unter Verwendungen der im vorigen Schritt durchgeführten Berechnungen ein Satz von Regeln für programmierte Übergaben erzeugt. Dieses Programm enthält Einträge für jeden Satelliten bezüglich den Beginn- und Endezeiten der Überlagerungen und über die Identität eines Übergabesatellitenkandidaten, an den der Satellit am wahrscheinlichsten die Übertragungen übergeben kann, um eine Überlagerung zu vermeiden.

Als nächstes wird im Kasten 39 das Programm, das im vorigen Schritt geschaffen wurde, in den Speicher verschiedener Systemknoten gegeben. Als Systemknoten wird ein Satellit oder eine Erdstation bezeichnet. Somit wird das Programm beispielsweise zu den Satellitenprozessoren gespeichert, wie beispielsweise Speicher 26 (Fig. 3) und/oder anderen Prozessoren im System, wie beispielsweise in den Bodenstationen 13 und 14 verteilt.

Schließlich endet das Verfahren im Kasten 43.

Fig. 7 zeigt ein Flußdiagramm eines Verfahrens zur Durchführungen von Berechnungen in Echtzeit, um das Auftreten einer Überlagerung von Übertragungen in einer Mehrfachkonstellations-Kommunikationsumgebung, bei der ein gemeinsames Frequenzspektrum geteilt wird, gemäß der vorliegenden Erfindung, zu bestimmen. Das in Fig. 7 dargestellte Verfahren kann beispielsweise durch einen vorgegebenen Satelliten oder eine Bodenstation verwendet werden, um Überlagerungen mit anderen nahen Satelliten oder Bodenstationen vorherzusagen und zu vermeiden.

Als erstes beginnt das Verfahren im Kasten 44. Dann führt die Steuerung des Satelliten oder der Bodenstation im Kasten 45 Berechnungen durch, unter teilweiser

Verwendung aktuell bekannter Information, die die Erdumlaufbahnen der Satelliten, die Lokalisierung aller Bodenstationen und anderer Bedingungen in der Konstellation betreffen, um vorherzusagen, wann eine Überlagerung zwischen den Sendungen verschiedener Satelliten erfolgen wird, in der Art, wie das oben bezüglich des Kasten 37 der Fig. 6 beschrieben wurde. Als Ergebnis dieser Berechnungen werden für diesen speziellen Satelliten oder die Erdstation die vorhergesagten Überlagerungszeiten bestimmt, wie das in Schritt 45 gezeigt ist.

Als nächstes werden in Schritt 46 Möglichkeiten bestimmt und ausgewertet und es wird eine passende Möglichkeiten für diesen Satelliten oder diese Bodenstation gewählt, um den Effekt der vorhergesagten Überlagerung zu mildern. Wie in Fig. 7 nur beispielhaft und nicht einschränkend gezeigt ist, enthalten die verschiedenen Möglichkeiten die Übergabe an einen anderen Satelliten (Möglichkeit 47), das zeitweilige Einstellen von Kommunikationen (48) oder eine andere passende Maßnahme (49), wie beispielsweise das Wechseln zu einem anderen Kanal (das heißt, das Umschalten auf eine Frequenz außerhalb des verwendeten Frequenzspektrums), die Verwendung einer niedrigeren Informationsrate bei höherer Kodierung, usw.

Schließlich endet das Verfahren im Kasten 50.

Fig. 8 zeigt ein Flußdiagramm eines Verfahrens zur Erkennung und zur Milderung von Überlagerungen in einer Mehrfachkonstellations-Kommunikationsumgebung, in welcher ein gemeinsames Frequenzspektrum gemäß der vorliegenden Erfindung geteilt wird.

Zunächst beginnt das Verfahren in Kasten 51. Als nächstes prüft das System in Kasten 53, um zu bestimmen, ob eine Überlagerung zwischen den Übertragungen zweier Satelliten verschiedener Konstellationen erkannt wurde. Im Entscheidungskasten 55 setzt sich das Verfahren, wenn eine solche Überlagerung erkannt wurde, fort zum Entscheidungskasten 57; ansonsten kehrt es zum Kasten 53 zurück.

Im Entscheidungskasten 57 bestimmt das System ob es brauchbar ist, die Bodenstationsantenne umzuschalten, um Übertragungen von einem anderen Satelliten der gleichen Konstellation zu empfangen. Wenn dem so ist, geht das Verfahren weiter zum Kasten 59, wo eine solche Umschaltung stattfindet, und das Verfahren endet beim Kasten 65. Ansonsten geht das Verfahren zum Kasten 61, wo das System die Kommunikation mit dem Satelliten, der überlagert wird, sperrt. Obwohl in Fig. 8 das Verfahren nach dem Ausgangskasten 59 endet, ist es klar, daß in der tatsächlichen Praxis sich das Verfahren endlos wiederholt, und daß das Verfahren zum Kasten 53 über die gestrichelte Linie 66 zurückkehrt, nachdem es den Ausgangskasten 59 verlassen hat.

Vom Kasten 61 setzt sich das Verfahren zum Entscheidungskasten 63 fort, wo eine Überprüfung stattfindet, um festzustellen, ob die Überlagerung nachgelassen hat. Wenn dem so ist, so geht das Verfahren zum Kasten 64 weiter, wo die Kommunikation mit dem gleichen Satelliten wieder aufgenommen wird, und das Verfahren kehrt dann zum Kasten 53 zurück; ansonsten kehrt es zum Kasten 57 zurück.

Fig. 9 zeigt ein Flußdiagramm eines Verfahrens zur Erkennung und zur Meldung einer Überlagerung in einer Mehrfachkonfigurations-Kommunikationsumgebung, in welcher ein gemeinsames Spektrum geteilt wird, gemäß der vorliegenden Erfindung.

Zunächst beginnt das Verfahren in Kasten 90. In Kasten 91 erkennt eine Systemnutzerbodenstation eine

Überlagerung mit der Kommunikation zu einem Satelliten innerhalb der eigenen Konstellation des Benutzers durch einen Satelliten einer anderen Konstellation. Im Kasten 92 meldet die Systembenutzerbodenstation die Überlagerung an einen Knoten in ihrer eigenen Konstellation oder zu einem Überwachungsknoten, der mit jeder Konstellation verbunden ist, wobei der Knoten verantwortlich ist für das Durchführen und das Ändern der Satellitenkommunikationszuordnungen. Basierend auf einer solchen Information, kann der Überwachungsknoten einen Übergabeanforderung zwischen Satelliten durchführen, um den Effekt der Überlagerung zu mildern.

SCHLUSSFOLGERUNG

Zusammengefaßt ermöglicht die vorliegende Erfindung es, daß unabhängige satellitenbasierte Kommunikationssysteme ein gemeinsames Frequenzspektrum teilen und sie bietet ein verbessertes Verfahren zu dessen Betrieb.

Fachleute werden erkennen, daß die beschriebene Erfindung auf verschiedenen Arten modifiziert werden kann und andere Ausführungsformen annehmen kann, als die der oben spezifisch dargestellten und beschriebenen bevorzugten Ausführungsform.

Beispielsweise erkennt ein Fachmann, daß die Übertragungen von den Satelliten in alle Richtungen gehen können oder in einem schmalen Strahl erfolgen, wobei sie in diesen Fällen nicht in dem in Fig. 2 gezeigten Mehrstrahlmuster übertragen werden.

Die vorliegende Erfindung kann auch verwendet werden, um eine Überlagerung in einer einzigen Satellitenkonstellation zu vermeiden, worin sich die Satelliten auf unterschiedlichen Höhen und in unterschiedlichen Neigungswinkeln befinden, beispielsweise in einer Konstellation, der Ersatzsatelliten oder zusätzliche Satelliten hinzugefügt werden.

Ein bedeutender Vorteil der vorliegenden Erfindung ist es, daß keine spezielle Koordination zwischen zwei unterschiedlichen, unabhängigen Kommunikationssystemen erforderlich ist, von denen jedes eine Konstellation von Satelliten verwendet, die in verschiedenen Höhen und Umlaufbahnneigungen angeordnet sein können. Die Systeme können die Kommunikation unter Verwendung verschiedenen Kanalverteilungsschemata durchführen, wobei aber angenommen wird, daß sie den gleichen Teil des Frequenzspektrums nutzen.

Es kann angenommen werden, daß die Zellmuster eines Systems zumindest gelegentlich eine Überlagerung mit denen eines anderen Systems auf irgendeinem aus der Vielzahl der verschiedenen Wege herstellen, wobei aber die vorliegende Erfindung eine Lösung bietet, den Effekt einer solchen Überlagerung zu mildern, während sie das Radiofrequenzspektrum aufrecht erhält.

Es ist somit beabsichtigt, durch die angefügten Ansprüche alle Modifikationen der Erfindung abzudecken, die unter die wahre Idee und den Umfang der Erfindung fallen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Milderung einer Überlagerung, die zwischen zwei verschiedenen Kommunikationssystemen (10 und 20) auftritt, wobei jedes System gekennzeichnet ist durch eine Konstellation von Kommunikationssatelliten (1, 2, 21 und 22), die

die Erde (9) umkreisen, wobei jeder der Satelliten gekennzeichnet ist durch eine Satellitenantenne (11) zum Senden und Empfangen von Information und eine Vielzahl von erdgebundenen Stationen (13, 14 und 15), wobei jede der erdgebundenen Stationen gekennzeichnet ist durch mindestens eine erdgebundene Antenne (16 und 17) zum Senden von Information zu einem oder mehreren der Satelliten und zum Empfangen von Information von dort, wobei der Satellit und die erdgebundenen Antennen Information übermitteln unter Verwendung des gleichen Frequenzspektrums, wobei das Verfahren durch folgende Schritte gekennzeichnet ist:

(a) Positionierung der Satelliten in derselben Höhe über der Erde; und

(b) Positionierung der Satelliten in derselben Erdumlaufbahnneigung bezüglich dem Erdäquator.

2. Verfahren zur Milderung einer Überlagerung, die zwischen mindestens zwei verschiedenen Kommunikationssystemen (10 und 20) auftritt, wobei jedes System gekennzeichnet ist durch eine Konstellation von Kommunikationssatelliten (1, 2, 21 und 22), die die Erde (9) umkreisen, wobei jeder der Satelliten gekennzeichnet ist durch eine Satellitenantenne (11) zum Senden und Empfangen von Information, wobei jede Konstellation (10 oder 20) durch mindestens eine erdgebundene Station (15) gekennzeichnet ist, wobei jede der erdgebundenen Stationen gekennzeichnet ist durch mindestens eine erdgebundene Antenne (16 und 17) zum Senden von Information zu einem oder mehreren der Satelliten seiner Konstellation und zum Empfangen von Information von dort, der Satellit und die erdgebundenen Antennen Information übermitteln unter Verwendung des gleichen Frequenzspektrums, wobei das Verfahren durch folgende Schritte gekennzeichnet ist:

(a) Vorhersagen (45) wenn eine Bedingung eine Kommunikationsüberlagerung zwischen den Satelliten und den erdgebundenen Stationen verursacht; und

(b) Ergreifen der passenden Maßnahme (46) zur Milderung der vorhergesagten Überlagerung bis sich die Bedingung ändert.

3. Verfahren zur Milderung einer Überlagerung, die zwischen mindestens zwei verschiedenen Kommunikationssystemen (10 und 20) auftritt, wobei jedes System gekennzeichnet ist durch eine Konstellation von Kommunikationssatelliten (1, 2, 21 und 22), die die Erde (9) umkreisen, wobei jeder der Satelliten gekennzeichnet ist durch eine Satellitenantenne (11) zum Senden und Empfangen von Information, wobei jede Konstellation (10 oder 20) durch mindestens eine erdgebundene Station (15) gekennzeichnet ist, wobei jede der erdgebundenen Stationen gekennzeichnet ist durch mindestens eine erdgebundene Antenne (16 und 17) zum Senden von Information zu einem oder mehreren der Satelliten seiner Konstellation und zum Empfangen von Information von dort, der Satellit und die erdgebundenen Antennen Information übermitteln, unter Verwendung des gleichen Frequenzspektrums, wobei das Verfahren durch folgende Schritte gekennzeichnet ist:

(a) Erkennen, wenn eine Bedingung eine Kommunikationsüberlagerung zwischen den Satelliten und den erdgebundenen Stationen verursacht; und

(b) Ergreifen einer passenden Maßnahme zur Milderung der vorhergesagten Überlagerung, bis sich die Bedingung ändert.

4. Verfahren zur Vorhersage einer Überlagerung, deren Auftreten wahrscheinlich ist zwischen mindestens zwei unterschiedlichen Kommunikationssystemen (10 und 20), wobei jedes System gekennzeichnet ist durch eine Konstellation von Kommunikationssatelliten (1, 2, 21 und 22), die die Erde (9) umkreisen, wobei jeder der Satelliten gekennzeichnet ist durch eine Satellitenantenne (11) zum Senden und Empfangen von Information, wobei das System weiter gekennzeichnet ist durch eine Vielzahl erdgebundenen Stationen (15), wobei jede der erdgebundenen Stationen gekennzeichnet ist durch mindestens eine erdgebundene Antenne (16 oder 17) zur Senden von Information zu und zum Empfangen von Information von einem oder mehreren der Satelliten, wobei das System gekennzeichnet ist durch eine Vielzahl von Steuerungen (25) zur Verarbeitung von Information und eine Vielzahl von verbundenen Speichern (26), wobei mindestens einer der Satelliten gekennzeichnet ist durch eine Steuerung (25) und einen Speicher (26) und mindestens ein Speicher in dem System aktuelle Kenntnisse über die Erdumlaufbahnen (3-8) aller Satelliten in diesem System speichert, wobei der Satellit und die erdgebundenen Antennen Information auf demselben Teil des Frequenzspektrums senden, wobei das Verfahren durch folgende Schritte gekennzeichnet ist:

(a) eine der Steuerungen berechnet unter Verwendung dieser Kenntnisse einen Satz von Regeln zur Vorhersage von Zeiten der Überlagerung bezüglich jedes Satelliten im System; und
(b) diese eine Steuerung sendet diesen Satz von Regeln mindestens zu einem der anderen Speicher.

5. Verfahren nach Anspruch 4, weiter gekennzeichnet durch den folgenden Schritt:

(c) die Steuerung, die mit mindestens dem einen Speicher verbunden ist, verwendet den Satz von Regeln, um das Auftreten einer Überlagerung bei der Kommunikation zwischen diesem Satelliten und einem anderen Satelliten im System zu mildern.

6. Verfahren zur Vorhersage und Milderung einer Überlagerung, die zwischen mindestens zwei unterschiedlichen Kommunikationssystemen (10 und 20) auftritt, wobei jedes System gekennzeichnet ist durch eine Konstellation von Kommunikationssatelliten (1, 2, 21 und 22), die die Erde umkreisen, wobei jeder der Satelliten gekennzeichnet ist durch eine Satellitenantenne (11) zum Übertragen von Information, eine Steuerung (25) zur Verarbeitung von Information und einen Speicher (26) zur Speicherung der aktuellen Kenntnisse über die Erdumlaufbahnen aller Satelliten in jenem System, wobei das System weiter gekennzeichnet ist durch eine Vielzahl erdgebundenen Stationen (15), wobei jede der erdgebundenen Stationen gekennzeichnet ist durch mindestens eine erdgebundene Antenne

(16 oder 17) zur Kommunikation mit einem oder mehreren der Satelliten, wobei der Satellit und die erdgebundenen Antennen Information auf demselben Teil des Frequenzspektrums senden, wobei das Verfahren durch folgende Schritte gekennzeichnet ist:

- (a) mindestens eine der Steuerungen berechnet unter Verwendung dieser Kenntnisse eine Vorhersage der Überlagerung bezüglich des Satelliten, der mit dieser mindestens einen Steuerung verbunden ist; und
- (b) diese mindestens eine Steuerung wählt eine passende Maßnahme zur der für die Überlagerung vorhergesagten Zeit aus, um die vorhergesagte Überlagerung zu mildern.

7. Bodensteuerbodenstation (15) zur Verwendung mit ersten (10) und zweiten (20) satellitenbasierten Kommunikationssystemen, wobei jedes der Kommunikationssysteme eine Vielzahl von Satelliten (1, 2, 21 und 22) aufweist, die die Erde (9) umkreisen, wobei jeder der Satelliten gekennzeichnet ist durch eine Satellitenantenne (11) zur Kommunikation mit einer Vielzahl von Systembenutzerbodenstationen (15), wobei die Bodensteuer- und die Systembenutzerbodenstationen jede ein Antennensubsystem (27 und 27') umfaßt, das mit einem oder mehreren der Satelliten kommunizieren kann, wobei die Antennensubsysteme der Bodensteuerbodenstation und ein Teil der Vielzahl der Systembenutzerbodenstationen auf dem gleichen Teil des Frequenzspektrums kommunizieren wie die Satellitenantennen der ersten satellitenbasierten Kommunikationssysteme, wobei die Bodensteuerbodenstation gekennzeichnet ist durch:

einen Speicher (26), der aktuelle Kenntnisse über die Erdumlaufbahnen der Satelliten enthält; und eine Steuerung (25) zur Berechnung einer Vorhersage unter Verwendung dieser Kenntnisse für die Überlagerung bezüglich eines Satelliten, der mit diesem Teil der Systembenutzerbodenstationen kommuniziert.

8. Bodensteuerbodenstation (13-15) nach Anspruch 7, wobei die Steuerung ein Programm für Satellitenübergaben für die Satelliten des ersten satellitenbasierten Kommunikationssystems berechnet, und wobei die Bodensteuerbodenstation dieses Programm an die Satelliten des ersten satellitenbasierten Kommunikationssystems überträgt.

9. Bodensteuerbodenstation (13-15) nach Anspruch 8, wobei die Bodensteuerbodenstation dieses Programm zu den Satelliten des ersten satellitenbasierten Kommunikationssystems überträgt, unter Verwendung des Antennensubsystems der Bodensteuerbodenstation.

10. Systembenutzerbodenstation (13-15) zur Verwendung mit einem satellitenbasierten Kommunikationssystem (10 oder 20), in welchem eine Vielzahl von Satelliten (1, 2, 21 und 22) die Erde umkreisen, wobei jeder der Satelliten gekennzeichnet ist durch eine Satellitenantenne (11) zur Kommunikation mit der Bodenstation und wobei das Kommunikationssystem gekennzeichnet ist durch mindestens einen Knoten, der verantwortlich ist für das Erstellen und Ändern der Satellitenkommunikationszuordnungen, wobei die Bodensteuerbodenstationen gekennzeichnet ist durch: ein Antennensubsystem (27 und 27') zur Kommuni-

kation mit einem oder mehreren der Satelliten, wobei das Antennensubsystem auf dem gleichen Teil des Frequenzspektrums kommuniziert, wie die Satellitenantennen; und einen Überlagerungsdetektor (24) zur Detektion einer Überlagerung der Kommunikationen von einem Satelliten, der mit dem Antennensubsystem kommuniziert, wobei die Systembenutzerbodenstation diesem Knoten diese Überlagerung mitteilt.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

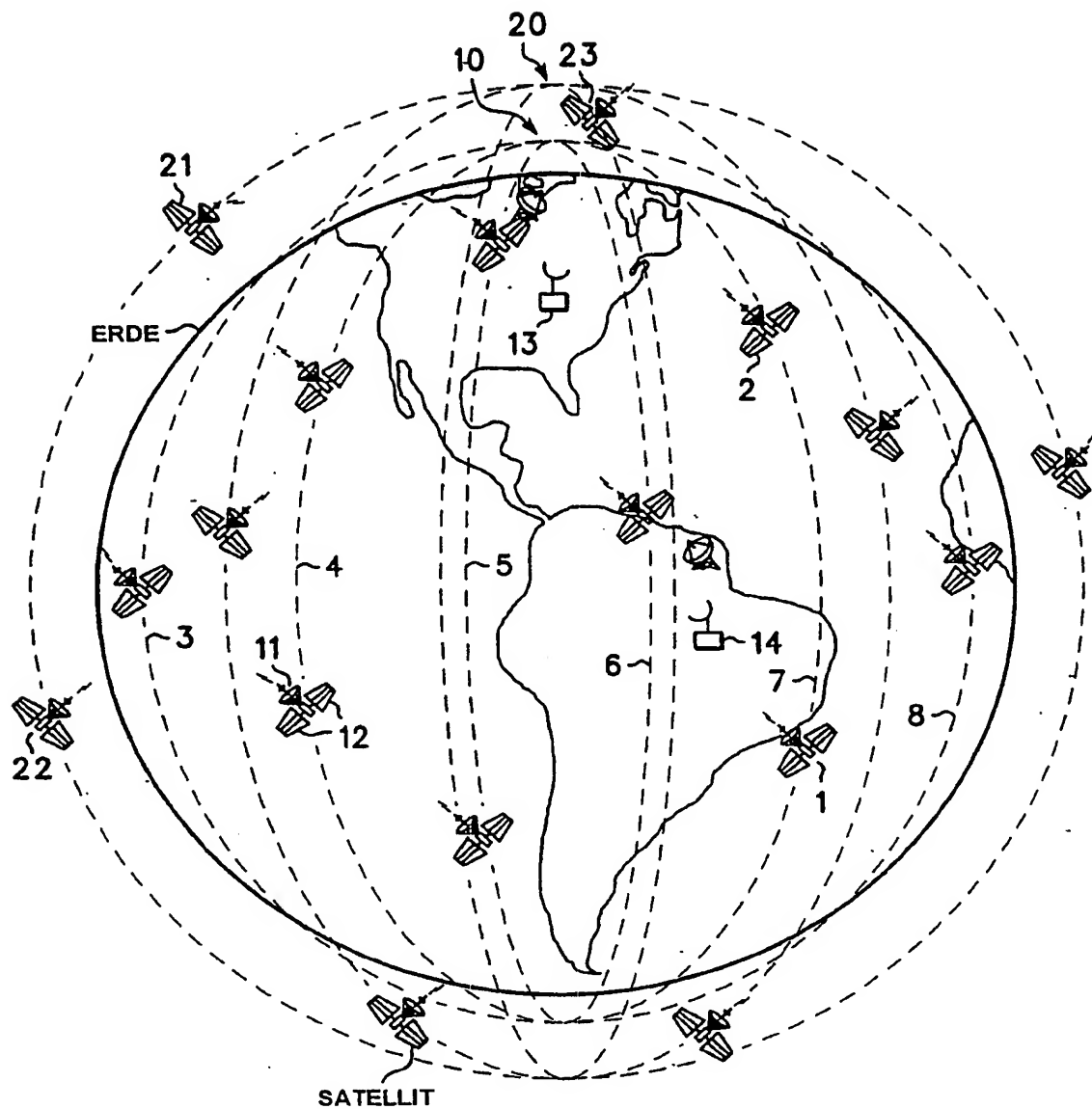
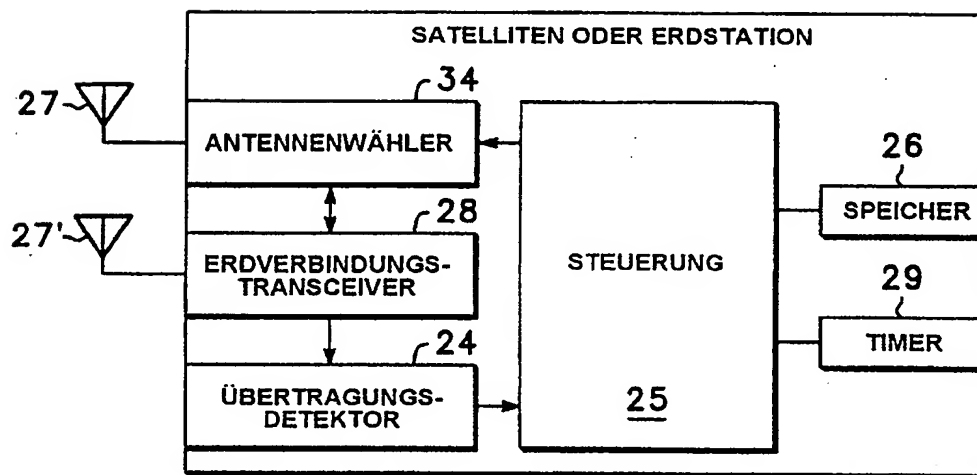
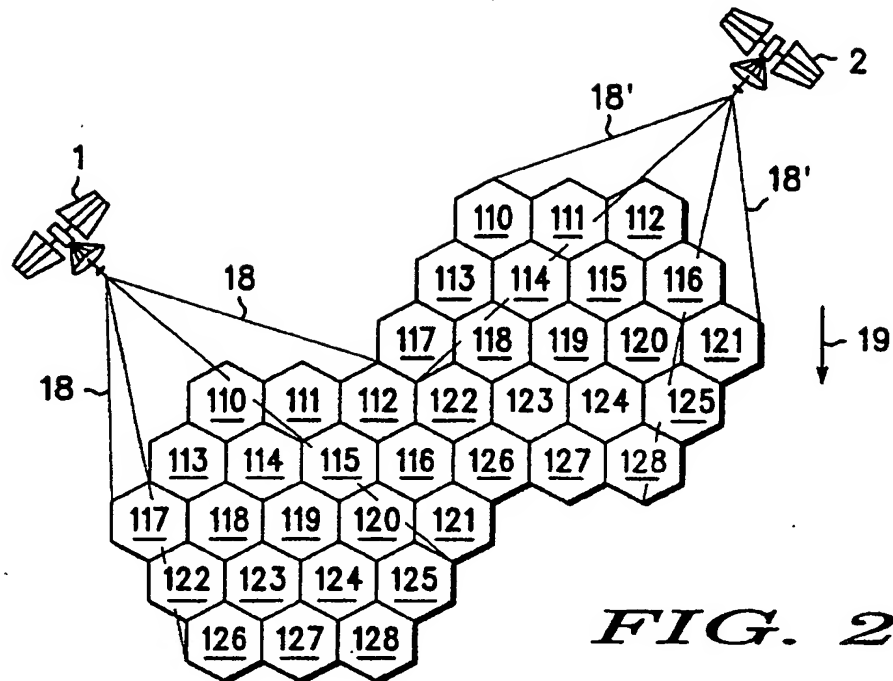
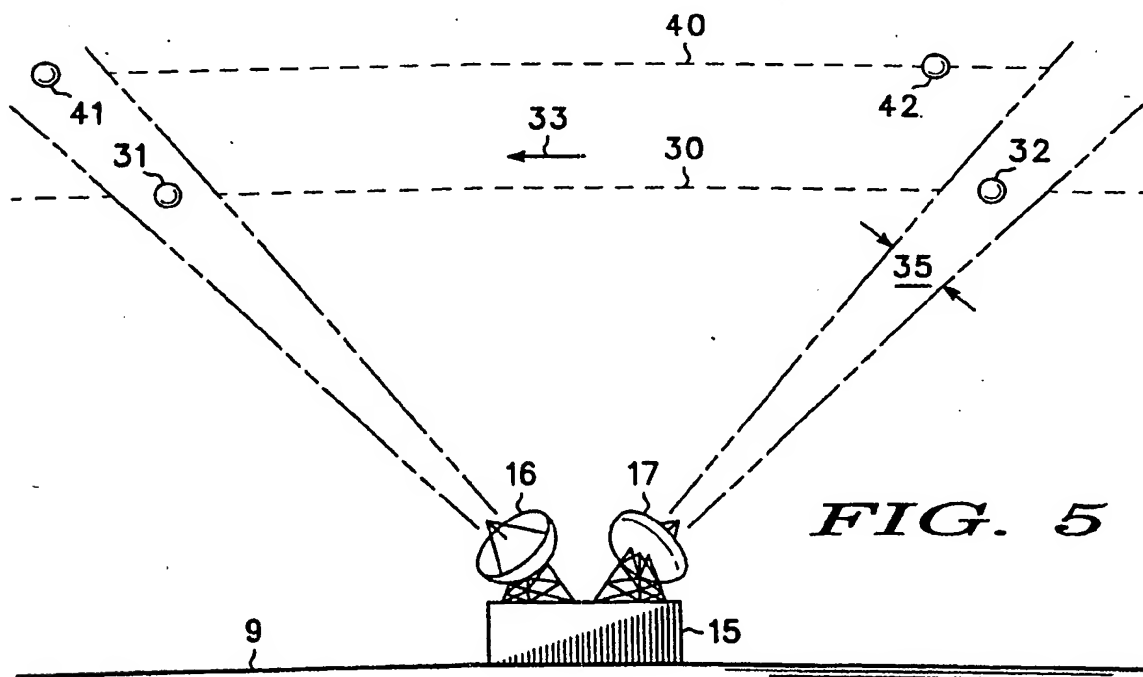
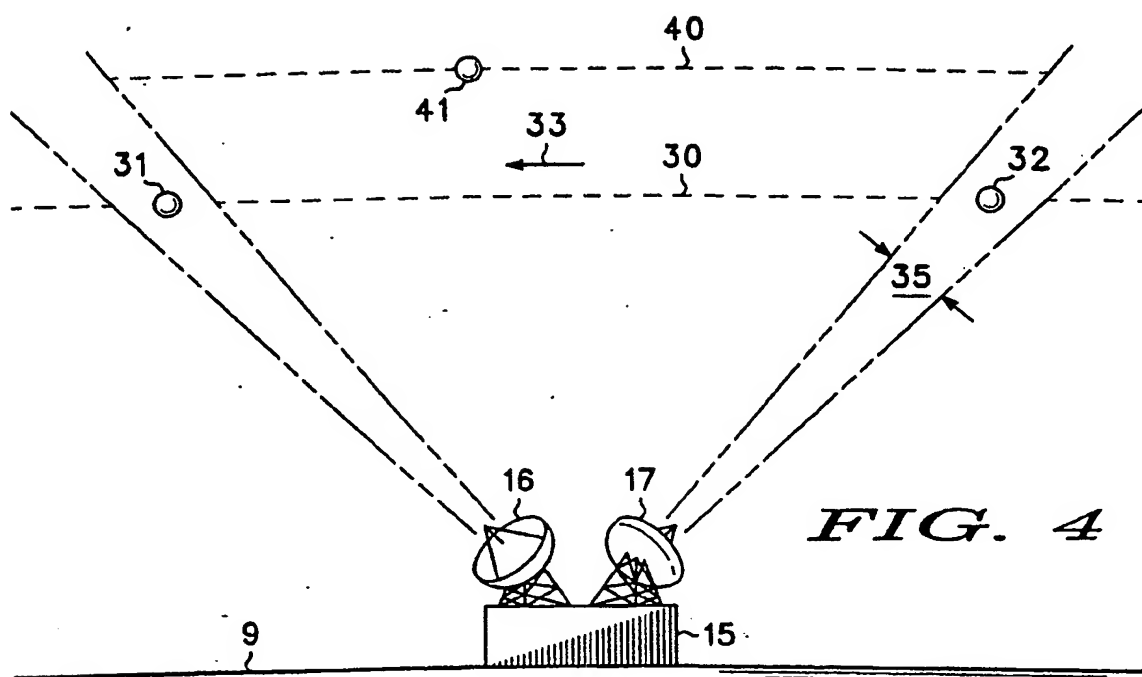
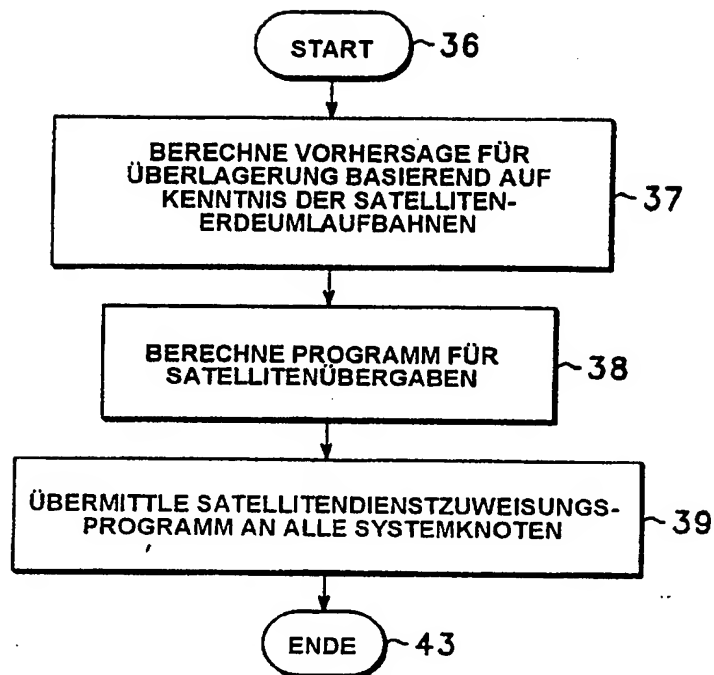
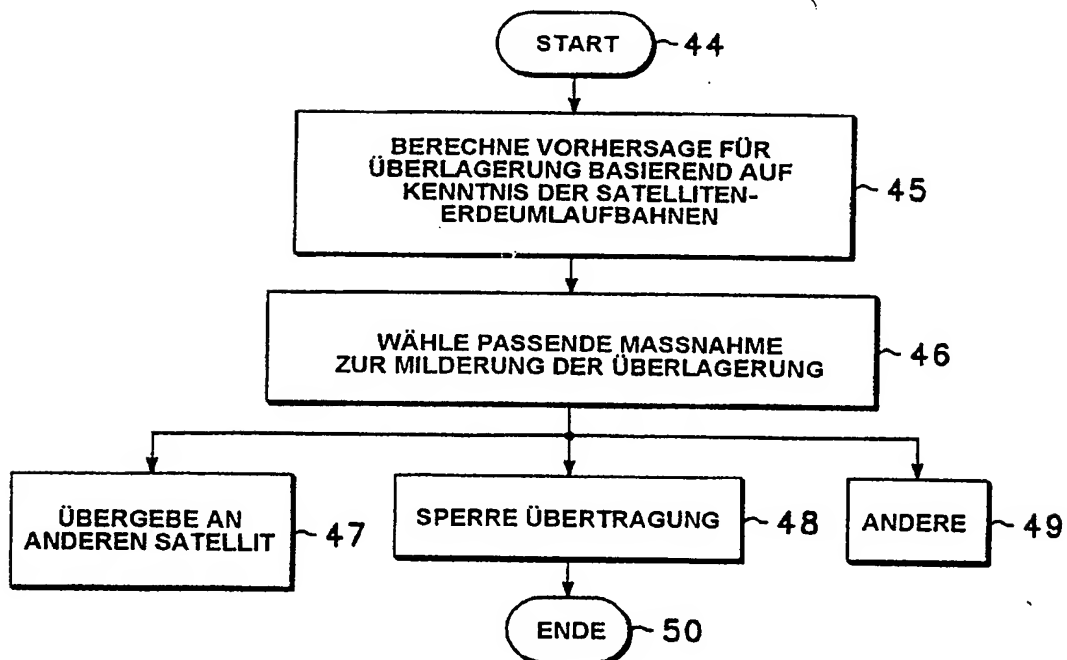


FIG. 1





*FIG. 6**FIG. 7*

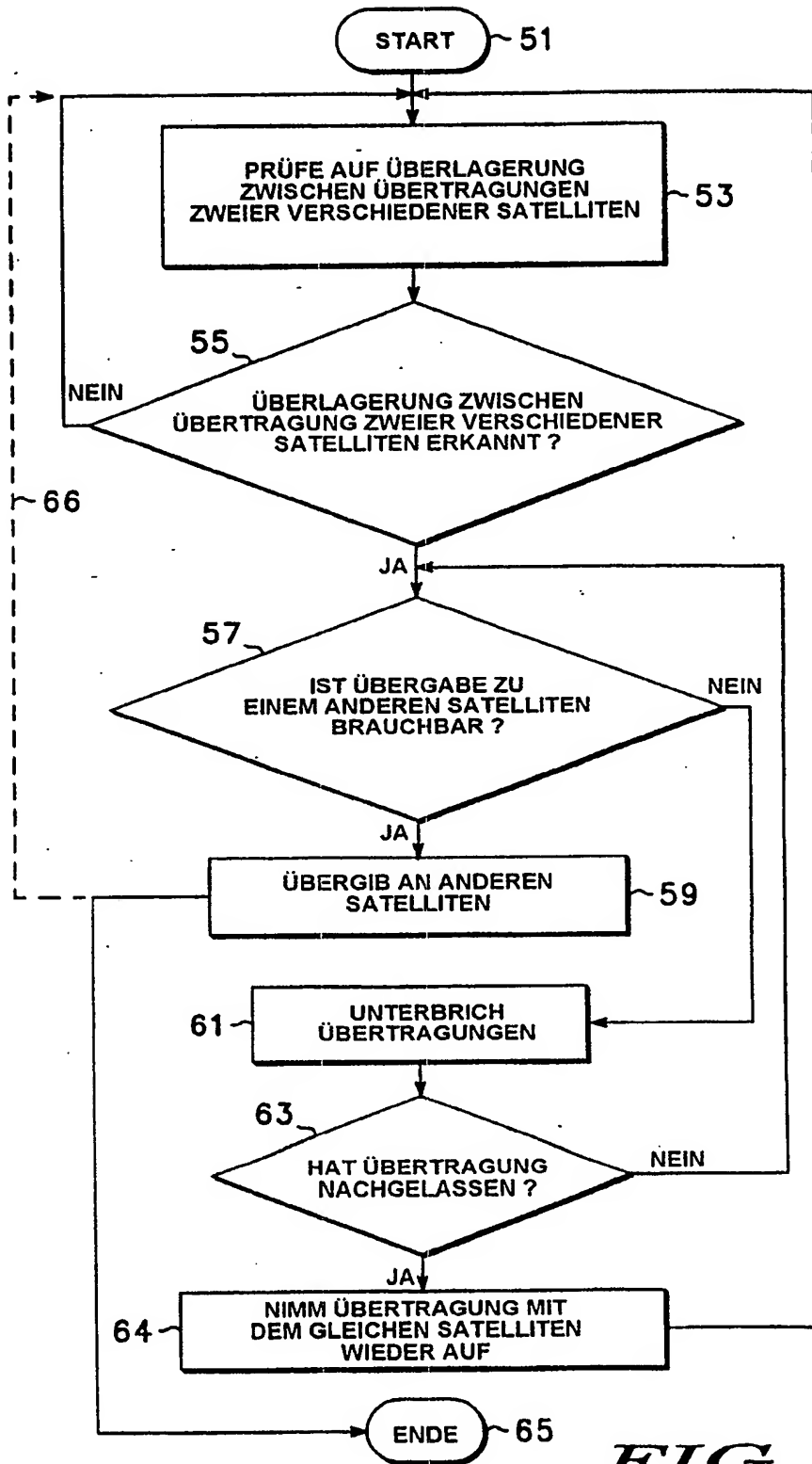


FIG. 8

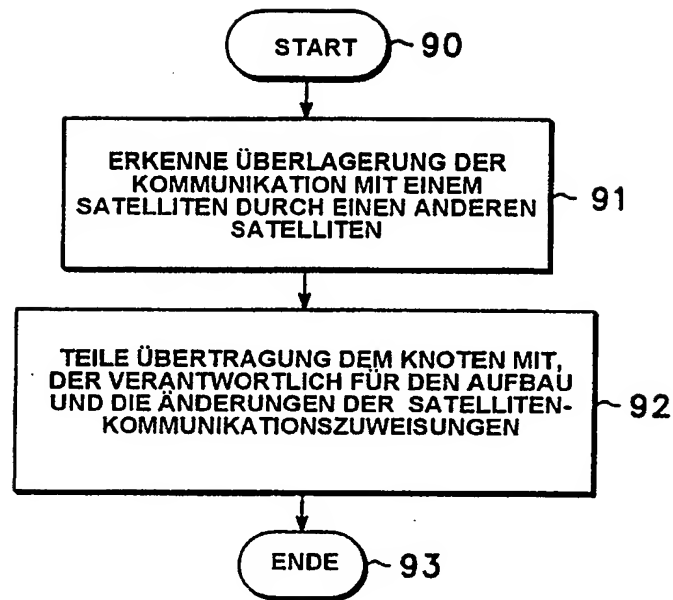


FIG. 9